

О. Л. Лазарева

**Микологическая составляющая содержания биологического образования в школе**

Статья посвящена одной из актуальных проблем школьного биологического образования – отбору учебного содержания и необходимости его корректирования в школьных учебниках в связи с появлением новых научных данных. Автором проанализирована микологическая составляющая содержания биологического образования в основной и средней школах. Показано, что основной объем информации о грибах и лишайниках обучающиеся получают в 5–7 классах. В связи с этим во многих учебниках материал изложен очень упрощенно, что приводит к некоторому его искажению. Больше всего замечаний вызывает содержание школьных учебников по вопросам систематики грибов и лишайников, отличий грибов от остальных царств эукариотов, их размножения. В статье опубликованы актуальные научные сведения, которые помогут будущим и уже работающим в школе учителям дополнить и привести в соответствие со временем содержание уроков по темам «Грибы» и «Лишайники».

Ключевые слова: школьное биологическое образование, учебное содержание, грибы, лишайники, наука, новые данные, систематика, отличительные особенности и размножение грибов.

O. L. Lazareva

**A Mycological Component of the Biological Education Content in School**

The article is devoted to one of the urgent problems of Biology school education – the selection of training content and the need to correct the school textbooks in connection with the emergence of new scientific data. The author analyzed the mycological component content of biological education in primary and secondary schools. It is shown that students receive the bulk of information about fungi and lichens in 5–7 classes. In this regard, in many textbooks material is presented very simply, that it leads to some distortion. Most of the comments are the content of school textbooks on the taxonomy of fungi and lichens, fungi differ from the other kingdoms of eukaryotes, their reproduction. In the article relevant scientific information is published that will help those who are working now and will work in school future teachers to complement and align with the time the content of their lessons on «Fungi» and «Lichens».

Keywords: biological school education, educational content, fungi, lichens, science, new data, taxonomy, features and reproduction of fungi.

Отбор учебного содержания биологического образования является одной из наиболее важных задач методики обучения биологии. Для ее решения необходимо тесное взаимодействие практикующих учителей и ученых-биологов. Сложность отбора материала вызвана не только проблемами его адаптации к восприятию обучающимися, но и постоянно увеличивающимся объемом научной информации.

В настоящее время учебное содержание биологического образования в основной и средней школе определяется Примерными программами по биологии основного и среднего (полного) общего образования [9, 10, 11]. Они конкретизируют содержание предметных тем образовательного стандарта [12], приводят примерное распределение учебных часов по разделам курса и последовательность изучения тем и разделов.

Анализ Примерных программ показал, что основы микологических знаний изучаются в курсе биологии основной школы, в 5–7 классах (Табл. 1).

Таблица 1

**Микологическая составляющая в Примерной программе по биологии основного общего образования (2015)**

Название раздела	Название подраздела	Содержание
Живые организмы	Биология – наука о живых организмах	Свойства живых организмов (структурированность, целостность, обмен веществ, движение, размножение, развитие, раздражимость, приспособленность, наследственность и изменчивость), их проявление у растений, животных, грибов и бактерий
	Клеточное строение организмов	Клетка – основа строения и жизнедеятельности организмов. Бактериальная клетка. Животная клетка. Растительная клетка. Грибная клетка
	Многообразие организмов	Основные царства живой природы

Название раздела	Название подраздела	Содержание
	Царство Грибы	Отличительные особенности грибов. Многообразие грибов. Роль грибов в природе, жизни человека. Грибы-паразиты. Съедобные и ядовитые грибы. Первая помощь при отравлении грибами. Меры профилактики заболеваний, вызываемых грибами. Лишайники, их роль в природе и жизни человека
	Лабораторные и практические работы по разделу «Живые организмы»	Изучение строения плесневых грибов

В старшей школе при освоении биологии на базовом уровне грибы упоминают в теме «Экосистемы», изучая пищевые связи (детритные пищевые цепи), межвидовые отношения (грибы-паразиты растений и животных, грибы в составе лишайников, микоризообразующие грибы), а также круговорот веществ в биосфере (грибы как редуценты органических соединений). В профильных классах, кроме этого, в теме «Клетка» сравнивают строение животной, растительной и грибной клеток (Табл. 2).

Таблица 2

**Микологическая составляющая в Примерной программе по биологии среднего (полного) общего образования (2004)**

Базовый уровень	Профильный уровень (углубленный уровень)
Тема «ЭКОСИСТЕМЫ». Межвидовые отношения: паразитизм, хищничество, конкуренция, симбиоз. Пищевые связи, круговорот веществ и превращения энергии в экосистемах. Роль живых организмов в биосфере. Биомасса. Биологический круговорот (на примере круговорота углерода)	Тема «КЛЕТКА». Лабораторные и практические работы: изучение под микроскопом клеток дрожжей. Сравнение строения клеток растений, животных, грибов и бактерий. Тема «ЭКОСИСТЕМЫ». Пищевые связи в экосистеме. Трофические уровни. Типы пищевых цепей. Круговорот веществ и превращения энергии в экосистеме. Биологический круговорот. Биогенная миграция атомов. Демонстрации: пищевые цепи и сети; трофические уровни экосистемы; межвидовые отношения: паразитизм, хищничество, конкуренция, симбиоз

Таким образом, самые существенные знания о грибах обучающиеся получают на уроках биологии в основной школе. Изучение содержания парагра-

фов по темам «Грибы» и «Лишайники» в школьных учебниках биологии 5–7 классов, рекомендованных Министерством образования и науки Российской Федерации к использованию в общеобразовательных школах для обучения биологии, позволяет заключить, что в большинстве из них еще не нашли отражение новые данные о систематике, биологии грибов и лишайников, а также требуют уточнения сведения о размножении грибов [5, 6, 7].

Целью этой статьи является решение вышеизложенной проблемы.

**Изменения в систематике грибов и лишайников.** В конце XX в. коренным образом изменились взгляды ученых на положение грибов в системе органического мира, объем царства и его систему. Они связаны с активным применением в систематике современных методов биохимии, цитологии и молекулярной биологии. Из царства грибов (*Fungi*, или *Mycota*) была выделена группа грибоподобных организмов, или «псевдогрибов», включающая Оомицеты и Гифохитридиомицеты. По системе Т. Кавалир-Смит она отнесена к царству Хромисты (*Chromista*) [8], по системе О. Г. Кусакина и А. Л. Дроздова – к царству Страменопилы (*Stramenopila*) [2]. Многие таксоны изменили свой ранг и объем или даже перестали рассматриваться как самостоятельные систематические группы и были включены в другие группы (например, несовершенные грибы и лишайники). Один из примеров этих преобразований – изменение систематического положения вида Фитофтора картофельная, или «картофельный грибок» (*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary). Этот широко известный фитопатоген, который изучают на уроках биологии, как и весь отдел Оомицота, исключен из царства грибов и рассматривается сейчас как грибоподобный организм.

Для грибоподобных организмов характерны целлюлозная клеточная стенка (а не хитиновая, как у настоящих грибов), перистые жгутики, митохондрии с трубчатыми кристами, синтез одной из важнейших аминокислот – лизина – через диаминопимелиновую кислоту, центрический митоз, микоплазмарин (а не гликоген) в качестве запасного продукта. В обеих вышеуказанных системах, наряду с «псевдогрибами», в состав царств включены бурые, золотистые, желто-зеленые и диатомовые водоросли.

Царство настоящих грибов (*Fungi*, или *Mycota*) объединяет гетеротрофные организмы с осмотротрофным типом питания, вегетативное тело которых представлено преимущественно мицелием. Для грибов характерны хитиновая клеточная стенка, жгутиковые стадии (если имеются) с одним задним гладким жгутиком, митохондрии с пластинчатыми

кристами, синтез лизина через  $\alpha$ -аминоадипиновую кислоту, митоз в основном без центриолей, запасной продукт – гликоген. Царство включает 4 отдела: Хитирдиомикота (*Chytridiomycota*), Зигомикота (*Zygomycota*), Аскомикота, или Сумчатые грибы (*Ascomycota*), Базидиомикота, или Базидиальные грибы (*Basidiomycota*). Ранее также выделяли формальный отдел Дейтеромикота, или Несовершенные грибы (*Deuteromycota*), объединяющий все анаморфные спороношения, но в настоящее время эти виды рассматриваются в составе разных классов *Ascomycota* и *Basidiomycota*.

Существенные изменения произошли в систематике лишайников. Авторы школьных учебников рассматривают их в ранге отдела Лишайники (*Lichenes*) и помещают в системе органического мира между царствами грибов и растений. Это объясняется тем, что взаимоотношения автотрофного (микобионта) и гетеротрофного (фотобионта) компонентов лишайников в учебниках обычно называют симбиозом (в смысле взаимовыгодного сожительства). Однако в настоящее время большинство ученых-лихенологов считают, что в основе взаимоотношений компонентов лишайника лежит умеренный (контролируемый) паразитизм гриба на водоросли [1–4, 8]. Гифы грибов используют клетки фотобионта для поглощения углеводов: они воздействуют на оболочки клеток водорослей и делают их проницаемыми для органических веществ. При недостатке питания гриб переходит к прямому паразитизму на водоросли, образуя типичные для паразитических грибов структуры – апрессории и гаустории. В связи с этим в современной систематике лишайники рассматривают как лихенизированные грибы, перешедшие к особому способу питания, которое вызвало у них морфологические и физиологические изменения, и «разбрасывают» по тем группам грибов, которые входят в их состав.

#### **Отличительные особенности царства Грибы.**

Накопленные данные о строении и составе клетки грибов показывают, что правильнее говорить не о сходстве грибов с растениями и животными, как это обычно делают авторы школьных учебников по биологии, а об их отличиях. Основное отличие грибов от растений заключается в том, что зеленые растения – фототрофные первичные продуценты, а грибы – гетеротрофные редуценты. Кроме того, грибы отличаются от растений хитиновыми оболочками клеток, некоторыми продуктами углеводного и азотного обменов (гликоген, серотонин и мочевины), синтезом лизина через диаминопимелиновую кислоту, составом стеролов и др. Столь же существенно грибная клетка отличается от животной: абсорбционный способ питания (всей поверх-

ностью тела), а не голозойный (путем заглатывания пищи); размножение спорами, неподвижность тела. Таким образом, грибы четко отграничиваются от других организмов сочетанием гетеротрофности и осмотрофного типа питания.

Кроме того, грибы имеют специфические особенности, отличающие их от всех остальных царств эукариотов [1–4]:

1. Наличие особого типа таллома – мицелия, или грибницы. Он является наиболее распространенной формой вегетативного тела грибов и представляет собой систему тонких ветвящихся нитей (гиф) с верхушечным (апикальным) ростом и боковым ветвлением. Такой таллом оптимален для поглощения веществ из субстрата всей поверхностью тела.

2. Выделение грибами ферментов (деполимераз) из клетки в окружающую среду. Они разрушают сложные органические вещества (высокомолекулярные биополимеры) до более простых соединений (низкомолекулярных мономеров и олигомеров), способных проникать в клетку.

3. Особенности строения и деления клетки грибов:

– Геном грибов по размерам и структуре занимает промежуточное положение между геномами бактерий и высших эукариотов. В среднем он на два порядка меньше, чем у растений. Процент повторов отдельных последовательностей ДНК в 3–4 раза ниже, чем у растений и животных.

– Цитокинез не сопряжен с митозом, поэтому клетки многих грибов многоядерные (до 20–30 ядер в одной клетке).

– Наличие огромного тургорного давления, несопоставимого с клетками других эукариотов. Эта особенность позволяет клетке активно всасывать растворы питательных веществ из окружающей среды.

4. Развитие органов спороношения вне субстрата и образование плодовых тел, несущих внутри или на поверхности споры. Таким образом, то, что в просторечии называют «грибами», представляет собой лишь небольшую часть таллома грибов, предназначенную для образования и распространения спор.

5. Отсутствие четкого выделения индивидуума как независимой и физически ограниченной формы.

**Размножение грибов.** Изложение материала по этому вопросу в школьных учебниках биологии вызывает наибольшее количество замечаний. Ниже приведена классификация типов размножения грибов с примерами из школьных учебников биологии. У грибов различают бесполое и половое размножение. У многих видов они последовательно

чередуются в цикле развития [2, 3]. Бесполое размножение представлено вегетативным и собственно бесполом размножением.

Вегетативное размножение у грибов осуществляется несколькими способами: 1) неспециализированными частями мицелия: многоклеточными обрывками, фрагментами (большинство шляпочных грибов) и ризоморфами – крупными тяжами соединенных параллельно гиф (например, род опенок, трутовые грибы); 2) специализированными структурами, на которые распадается мицелий (тонкостенными клетками – оидиями и толстостенными хламидоспорами); 3) почкованием клеток мицелия или отдельных клеток (у пекарских дрожжей).

Собственно бесполое размножение происходит с помощью спор. Они могут развиваться эндогенно (внутри), в спорангиях (спорангиоспоры), или экзогенно – на конидиеносцах (конидии). Спорангиоспоры могут быть подвижными (зооспоры) и неподвижными. Зооспоры образуются у грибоподобных организмов (например, у рода Фитофтора) и хитридиевых грибов. Некоторые виды грибов размножаются неподвижными спорангиоспорами (например, виды рода Мукор). У большинства видов грибов образуются конидии: одно- или многоклеточные споры, образующиеся на обычных или специальных гифах – конидиеносцах. Несовершенные грибы, или Дейтеромицеты, размножаются только конидиями (виды родов Аспергилл и Пеницилл).

Половое размножение у грибов из разных систематических групп значительно различается. Наиболее простым и распространенным типом полового процесса является соматогамия – слияние двух клеток вегетативного гаплоидного мицелия. При этом образуется дикариотический (состоящий из двудерных клеток) мицелий. У многих видов грибов на поверхности субстрата из него возникает плодовое тело. Затем на мицелии формируются особые клетки – базидии, на которых после кариогамии и мейоза образуется 4 экзогенные гаплоидные базидиоспоры. Отсюда произошло название отдела Базидиомикота, или Базидиальные грибы. У шляпочных грибов (например, белого гриба, подосиновика и т. д.) базидии располагаются на пластинках и трубочках шляпки (гименофоре).

Более сложным половым процессом у грибов считается гаметангиогамия. В этом случае на мицелии партнеров обособляются гаметангии – специализированные клетки, не дифференцированные на гаметы, которые затем сливаются. Гаметангиогамия характерна для многих зиго- и аскомицетов. У зигомицетов (род Мукор) из образовавшейся после слияния зиготы формируется одетая толсто-

стенной окрашенной оболочкой зигоспора, которая прорастает после периода покоя в особый зародышевый спорангий. У аскомицетов после слияния на специальных дикариотических гифах образуются сумки, или аски, внутри которых после мейоза и последующего за ним митоза образуется 8 гаплоидных аскоспор. Как и у базидиомицетов, у многих аскомицетов сумки и аскоспоры образуются на поверхности плодовых тел (например, виды родов Сморок и Строчок) или внутри них (род Спорынья).

Таким образом, появление базидиоспор у базидиальных грибов и аскоспор у сумчатых грибов связано с половым размножением этих групп грибов. Сами споры являются гаплоидными и неоднородными в генетическом отношении, что принципиально отличает их от спор бесполого размножения грибов.

Наконец, у грибов встречается обычная для других эукариотов гаметогамия, которая заключается в слиянии специализированных половых клеток – гамет. Изо- и гетерогамия встречается только у низших грибов – у хитридиомицетов. Классическая оогамия (слияние крупной, не имеющей жгутиков, женской гаметы (яйцеклетки) и мелкой мужской гаметы (сперматозоида, спермация, спермия) у грибов отсутствует вообще. У оомицетов, названных так вследствие наличия у них оогамии, этот половой процесс имеет специфику: содержимое многоядерного антеридия не дифференцировано на гаметы, а яйцеклетки в оогониях не имеют своей собственной клеточной оболочки.

**Заключение.** В статье отражены современные тенденции в микологии, обобщены актуальные научные данные о строении, размножении и систематике основных групп грибов. Вышеизложенная информация будет полезна как для студентов и преподавателей педагогических вузов, так и для учителей. Разумеется, она должна быть адаптирована для обучающихся. Мастерство учителя заключается в том, чтобы сделать непростой материал более доступным и интересным, не искажая его сути.

#### Библиографический список

1. Белякова, Г. А., Дьяков, Ю. Т., Тарасов, К. Л. Ботаника: в 4 т. Т. 1. Водоросли и грибы [Текст] / Г. А. Белякова, Ю. Т. Дьяков, К. Л. Тарасов. – М.: Академия, 2006. – 320 с.
2. Ботаника: Курс альгологии и микологии [Текст] / под ред. Ю. Т. Дьякова. – М.: Изд-во МГУ, 2007. – 559 с.
3. Гарибова, Л. В., Лекомцева, С. Н. Основы микологии: Морфология и систематика грибов и грибоподобных организмов [Текст] / Л. В. Гарибова, С. Н. Лекомцева. – М.: Тов-во научных изданий КМК, 2005. – 220 с.

4. Дьяков, Ю. Т. Введение в альгологию и микологию [Текст] / Ю. Т. Дьяков. – М. : Изд-во МГУ, 2000. – 182 с.
5. Лазарева, О. Л., Алимбекова, Т. П. Критические замечания к содержанию темы «Лишайники» в школьных учебниках биологии 6–7 классов [Текст] / О. Л. Лазарева, Т. П. Алимбекова // Естественно-научное образование в школе и вузе : матер. межрегион. науч. конф. (14–15 декабря 2010 г.). – Ярославль, 2010. – С. 113–116.
6. Лазарева, О. Л. Критические замечания к содержанию раздела «Грибы» в школьных учебниках биологии 6–7 класса. I [Текст] / О. Л. Лазарева // Естественно-научное образование в школе и вузе : матер. международ. конф. «Чтения Ушинского» естественно-географического факультета ЯГПУ. – Ярославль : Изд-во ЯГПУ, 2006. – С. 123–132.
7. Лазарева, О. Л. Критические замечания к содержанию раздела «Грибы» в школьных учебниках биологии 6–7 классов. II [Текст] / О. Л. Лазарева // Естественно-научное образование в школе и вузе : матер. международ. конф. «Чтения Ушинского» естественно-географического факультета ЯГПУ. – Ярославль : Изд-во ЯГПУ, 2007. – С. 113–119.
8. Переведенцева, Л. Г. Микология. Грибы и грибоподобные организмы [Текст] / Л. Г. Переведенцева. – СПб. : Лань, 2012. – 272 с.
9. Примерная программа по биологии (Базовый уровень) [Электронный ресурс] // Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам». – Режим доступа: <http://window.edu.ru/resource/214/37214/files/18-1-s.pdf> (дата обращения 23.09.2016).
10. Примерная программа по биологии среднего (полного) общего образования (Профильный уровень) 2004 год // Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://window.edu.ru/catalog/pdf2txt/234/37234/14247> (дата обращения: 23.09.2016).
11. Примерная основная образовательная программа основного общего образования (одобрена решением федерального учебно-методического объединения по общему образованию (протокол от 8 апреля 2015 г. № 1/15) // Сайт министерства образования и науки Российской Федерации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://минобрнауки.рф/projects/413/file/4587/POOP\\_OOO\\_reestr\\_2015\\_01.doc](http://минобрнауки.рф/projects/413/file/4587/POOP_OOO_reestr_2015_01.doc) (дата обращения: 13.09.2016).
12. Федеральные государственные образовательные стандарты [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://standart.edu.ru/> (дата обращения: 23.09.2016).
- Bibliograficheskij spisok**
1. Beljakova, G. A., D'jakov, Ju. T., Tarasov, K. L. Botanika: v 4 t. T. 1. Vodorosli i griby [Текст] / G. A. Beljakova, Ju. T. D'jakov, K. L. Tarasov. – М. : Akademiya, 2006. – 320 s.
2. Botanika: Kurs al'gologii i mikologii [Текст] / pod red. Ju. T. D'jakova. – М. : Izd-vo MGU, 2007. – 559 s.
3. Garibova, L. V., Lekomceva, S. N. Osnovy mikologii: Morfologija i sistematika gribov i gribopodobnyh organizmov [Текст] / L. V. Garibova, S. N. Lekomceva. – М. : Tov-vo nauchnyh izdanij KMK, 2005. – 220 s.
4. D'jakov, Ju. T. Vvedenie v al'gologiju i mikologiju [Текст] / Ju. T. D'jakov. – М. : Izd-vo MGU, 2000. – 182 s.
5. Lazareva, O. L., Alimbekova, T. P. Kriticheskie zamechanija k sodержaniju temy «Lishajniki» v shkol'nyh uchebnikah biologii 6–7 klassov [Текст] / O. L. Lazareva, T. P. Alimbekova // Estestvenno-nauchnoe obrazovanie v shkole i vuze : mater. mezhregion. nauch. konf. (14–15 dekabrja 2010 g.). – Jaroslavl', 2010. – S. 113–116.
6. Lazareva, O. L. Kriticheskie zamechanija k sodержaniju razdela «Griby» v shkol'nyh uchebnikah biologii 6–7 klassa. I [Текст] / O. L. Lazareva // Estestvoznanie: issledovanija i obuchenie : mater. mezhdunarod. konf. «Chtenija Ushinskogo» estestvenno-geograficheskogo fakul'teta JaGPU. – Jaroslavl' : Izd-vo JaGPU, 2006. – S. 123–132.
7. Lazareva, O. L. Kriticheskie zamechanija k sodержaniju razdela «Griby» v shkol'nyh uchebnikah biologii 6–7 klassov. II [Текст] / O. L. Lazareva // Estestvoznanie: issledovanija i obuchenie : mater. mezhdunarod. konf. «Chtenija Ushinskogo» estestvenno-geograficheskogo fakul'teta JaGPU. – Jaroslavl' : Izd-vo JaGPU, 2007. – S. 113–119.
8. Perevedenceva, L. G. Mikologija. Griby i gribopodobnye organizmy [Текст] / L. G. Perevedenceva. – SPb. : Lan', 2012. – 272 s.
9. Primernaja programma po biologii (Bazovyj uroven') [Elektronnyj resurs] // Informacionnaja sistema «Edinoe okno dostupa k obrazovatel'nyh resursam». – Rezhim dostupa: <http://window.edu.ru/resource/214/37214/files/18-1-s.pdf> (data obrashhenija 23.09.2016).
10. Primernaja programma po biologii srednego (polnogo) obshhego obrazovanija (Profil'nyj uroven') 2004 god // Informacionnaja sistema «Edinoe okno dostupa k obrazovatel'nyh resursam» [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <http://window.edu.ru/catalog/pdf2txt/234/37234/14247> (data obrashhenija: 23.09.2016).
11. Primerna osnovnaja obrazovatel'naja programma osnovnogo obshhego obrazovanija (odobrena resheniem federal'nogo uchebno-metodicheskogo ob#edinenija po obshhemu obrazovaniju (protokol ot 8 aprelja 2015 g. № 1/15) // Sajt ministerstva obrazovanija i nauki Rossijskoj Federacii [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: [http://minobrnauki.rf/projects/413/file/4587/POOP\\_OOO\\_reestr\\_2015\\_01.doc](http://minobrnauki.rf/projects/413/file/4587/POOP_OOO_reestr_2015_01.doc) (data obrashhenija: 13.09.2016).
12. Federal'nye gosudarstvennye obrazovatel'nye standarty [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <http://standart.edu.ru/> (data obrashhenija: 23.09.2016).